

INFOS FICHES-ÉNERGIE

LE PHOTOVOLTAÏQUE :
ENTRETIEN & SUIVI DES INSTALLATIONS

Une installation photovoltaïque a une durée de vie minimum généralement comprise entre 25 et 30 ans si elle est bien entretenue. Ce document décrit quelques unes des précautions qui doivent être prises pour que les temps d'immobilisation soient minimisés et que la performance soit maximale.
Certaines tâches sont préventives et seront à réaliser de façon régulière. D'autres sont correctives et ne seront pas nécessairement planifiés à l'avance.
La fréquence des inspections visuelles dépend fortement du type d'installation (modules au sol ou en toiture, angle d'inclinaison, système de « tracking », etc.), de la localisation (précipitations et conditions météorologiques attendues) et de l'environnement immédiat (industriel, agricole, urbain, etc.).

La plupart des causes de pannes ou malfonctionnements d'une installation photovoltaïque trouvent leurs origines dans la conception de l'installation ou dans le choix du matériel. On ne saurait que trop rappeler l'importance d'une conception de qualité par des installateurs compétents et l'utilisation de matériel de qualité.

1. LES GARANTIES

Un certain nombre de garanties existent sur les produits et sur la mise en œuvre.

GARANTIE SUR LE MATERIEL :

Modules : Les modules sont garantis 2 ans minimum pour leur tenue mécanique. Certains vont jusqu'à 10 ans.

Onduleurs : La garantie de l'onduleur est au minimum de 2 ans mais il est fréquent d'avoir des garanties plus longues (5, 10 voire 20 ans) soit d'origine, soit par le biais d'une extension de garantie (payante).

Structure : La structure portante est généralement garantie 2 ans mais dans le cas d'intégration en toiture, une garantie décennale (10 ans) sur l'étanchéité réalisée avec l'installation PV est d'application.

GARANTIE SUR LA PRODUCTION:

Modules : La puissance effective des modules est généralement garantie à 90% de la puissance nominale après 10 ans et à 80 ou 85% de la puissance nominale après 20 ou 25 ans.

Production : Il n'est pas rare de voir des installateurs proposer une garantie de production qui est effectivement une garantie de résultat solaire (GRS). Ces garanties couvrent généralement un niveau de production donné en fonction d'une irradiation de référence. Si l'année concernée est moins ensoleillée que l'année de référence, la garantie portera sur une production moins élevée.

2. OPERATIONS DE MAINTENANCE

MAINTENANCE PREVENTIVE

La maintenance préventive commence dès que l'installation est mise en route. Il est recommandé de procéder à une réception technique de l'installation, afin de s'assurer de sa conformité au design prévu et de s'assurer de la bonne installation de tous ses composants.
La maintenance préventive devrait idéalement commencer par une inspection visuelle complète de l'installation et devra être fréquemment répétée. Les mécanismes installés à l'extérieur doivent toujours être vérifiés afin de prévenir les problèmes quelle qu'en soit la nature.

L'installateur peut conseiller au particulier d'effectuer régulièrement toutes une série d'actions pour s'assurer du bon fonctionnement de l'installation. Pour ce faire, il peut s'appuyer sur le guide de maintenance des installations PV (www.bruxellesenviron nement.be > Professionnels > Themes > Energie > Les énergies renouvelables > solaire photovoltaïque.

Inspection visuelle

Modules

- Salissure et/ou dégradation à la surface des modules





- Vérifier les boîtes de jonction
- Présence de bris de glace
- Effectuer des mesures sur-site (tension, courant) tous les 3 ans
- Contrôler les connections à la terre



Structure de support des modules





- Contrôler la présence de corrosion sur les poutres

- Chercher les déformations potentielles
- Si la structure est lestée, vérifier la position du lestage
- Si la structure est fixée en toiture, vérifier l'étanchéité à l'eau aux points de fixation
- Si la structure est intégrée en toiture, vérifier l'étanchéité à l'eau de la couverture
- Si présence d'un tracker, contrôler les parties mécaniques, le mécanisme d'orientation et le système hydraulique (corrosion, usure, etc.)
- Contrôle de la rigidité des poutres
- Vérifier les connections à la terre (et les éventuelles fuites à travers les défauts d'isolation)

Onduleurs centraux

- Vérifier que les travaux de maintenance sont effectués avec la fréquence et les exigences demandées par le constructeur (voir manuel d'utilisation des fournisseurs)
- Si les onduleurs sont installés dans une salle spécifique, contrôler le bon fonctionnement de la ventilation (et procéder à une maintenance sur cette dernière si nécessaire – filtres, etc.).





Onduleurs décentralisés

- Vérifier que les travaux de maintenance sont effectués avec la fréquence et les exigences demandées par le constructeur
- Contrôler la présence éventuelle d'humidité pour les onduleurs installés à l'extérieur
- Si les onduleurs sont installés dans une salle spécifique, contrôler le bon fonctionnement de la ventilation (et procéder à une maintenance sur cette dernière si nécessaire – filtres, etc.).



Boîtes de jonction



- Contrôler la présence éventuelle d'insectes, de poussière et/ou d'humidité à l'intérieur des boîtes
- Vérifier les fusibles de chaque chaîne de module
- Vérifier l'état général et l'imperméabilité de la boîte
- Contrôler le verrouillage du mécanisme de découplage
- Tester le bon fonctionnement des éléments de déconnexion

Câblage

- Vérifier la bonne pose des câbles et des chemins de câble
- Contrôler l'élasticité des câbles (bonne tenue de l'isolation)
- Chercher la présence de rupture d'isolation
- Contrôler les lieux pouvant entrainer une déformation ou une coupure des câbles (coins par exemple)
- Contrôler les points de fixation

Tableau électrique AC et équipements de protection

- Inspection visuelle des connections, des fusibles et disjoncteurs AC, RCDs (« Residual Current Devices » pour dispositifs de protection contre les courants résiduels).



Monitoring et équipements météorologiques



- Contrôler régulièrement la production et la performance du système (toutes les 2 semaines ou tous les mois) à l'aide des données issues du monitoring
- Contrôler la production de chaque chaîne de module et identifier les chaînes les moins performantes (seulement dans le cas où un dispositif permet le contrôle séparé de chaque chaîne).
- Rapporter fréquemment et analyser les erreurs issues du monitoring (toutes les 2 semaines ou tous les mois)
- Vérifier la calibration des appareils de mesure conformément aux recommandations du constructeur

Protection contre la foudre

- Vérifier la mise à la terre
- Rechercher la présence de dommages sur le paratonnerre (surtout après les impacts de foudre)
- Contrôler les points de connexion

Divers

- Rapporter les impacts des ombrages imprévus sur la production (ainsi que la date à laquelle ces derniers sont apparus).
- Contrôler le nombre de pièces de rechange et en commander si nécessaire
- Entretenir les obstacles (arbres, haies…) pouvant entrainer des ombrages
- Contrôler la robustesse du grillage
- Entretenir et contrôler les dispositifs de sécurité
- Lubrifier les pièces en mouvement (axe, vérin hydraulique, etc.) du tracker
- Vérifier si les indications étiquetées ou gravées sur les pièces du système sont encore facilement lisibles
  Vérifier la présence sur site des documents de construction (plans, schéma, manuel d'utilisation, etc.)

Nettoyage

Modules

- La fréquence de nettoyage des modules dépend du type de précipitation (pluie, neige,, etc.) et de l'angle d'inclinaison des modules ainsi que de l'environnement dans lequel il est installé.
  Dans un environnement urbain ou industriel, la fréquence de nettoyage devra être plus élevée que dans un environnement dégagé.
- Utiliser une quantité abondante d'eau propre et sans détergent, ainsi qu'une éponge mouillée pour le lavage
  Des expériences ont montré une différence de 4 % de production.
- Les nettoyeurs haute-pression ne doivent pas être utilisés afin de ne pas endommager la surface photovoltaïque

Onduleurs centralisés

- Enlever poussière/insecte/salissure des filtres à air (suivre les recommandations du constructeur)
- Nettoyer les filtres utilisés pour la ventilation dans le cas d'onduleurs installés dans une salle spécifique

MAINTENANCE CORRECTIVE

La maintenance corrective apparait quand la performance du système décroit de façon inattendue ou après qu'un évènement imprévu ait entrainée un fonctionnement difficile ou non sécurisé de l'installation (p.e.: modules ou onduleurs défectueux, tempête, chute de neige exceptionnelle, tracker bloqué, etc.)

Les actions correctives dépendent du type de défaut. Quelques exemples sont donnés ici :

- Organiser une inspection visuelle après chaque tempête ou catastrophe climatique
- Contrôler les protections contre les surtensions après chaque orage
- Réagir de façon efficace face aux erreurs du système de monitoring

3. INVENTAIRE DES TYPES DE PROBLEMES POSSIBLES

PROBLEMES TEMPORAIRES

Un module photovoltaïque peut voir sa puissance effective diminuer pour des raisons qui peuvent être temporaires ou réversibles. Le module peut être sujet à des ombres d'un arbre qui a grandit devant l'installation. La surface du module peut être encrassée (la puissance peut diminuer de 10% en raison de l'encrassement de la face supérieure du module). Il est également possible qu'un module d'un string soit défectueux ou un problème de contact (au niveau des boîtiers de jonction ou des modules) cause un changement de point de fonctionnement de l'onduleur entrainant une diminution de la puissance développée par l'installation.
Dans tous ces cas, la réduction de la puissance développée par l'installation est réversible, c'est-à-dire que l'on retrouvera la puissance normalement développée par l'installation lorsque la cause du problème aura été identifiée et la rectification appropriée aura été apportée au système (élagage des arbres, nettoyage des panneaux, remplacement du panneau défectueux).

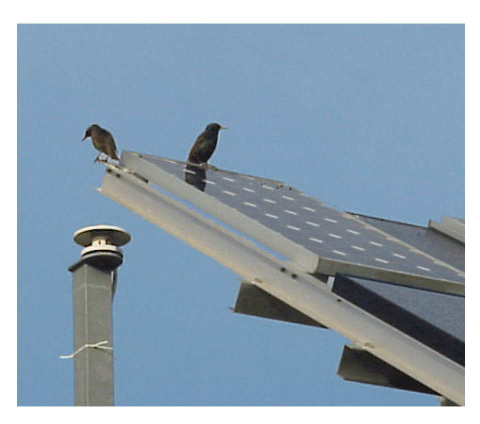


Figure 1 : les ombres temporaires (dues par exemple aux oiseaux ou à leurs déjections) peuvent diminuer la puissance du module concerné mais également de tout le string

Durant l'installation, la connexion erronée des modules par string peut entrainer un courant différent par string et ainsi un déséquilibre dans l'installation et par conséquence une réduction de la puissance totale produite. Il suffira de vérifier les plans *as-built* (comme-construite) de l'installation et de vérifier les connexions sur le terrain (ou en mesurant la tension en circuit ouvert ; voir ci-dessous); après il faudra notifier l'installateur pour qu'il s'en charge de faire les changements correspondants.

PROBLEMES LIES AUX CELLULES

Dégradation des cellules solaires

La diminution graduelle de la performance d'une cellule peut être causée par :

- Une augmentation de la valeur de la résistance de série (voir circuit équivalent) en raison d'une diminution de l'adhérence des contacts ou en raison de la corrosion (par de la vapeur d'eau)
- Une diminution de la résistance parallèle en raison de la migration du métal dans la jonction p-n
- Une détérioration du traitement de surface (couche anti réflexion)

Cellules en court circuit

Des courts circuits peuvent se manifester au niveau des interconnections. Ce type de défaut est beaucoup plus fréquent dans les cellules en couche minces car les électrodes supérieures et inférieures sont beaucoup plus rapprochées et ont plus de chance de se retrouver court-circuitée par un trou au travers de la cellule ou par du matériel corrodé ou endommagé.

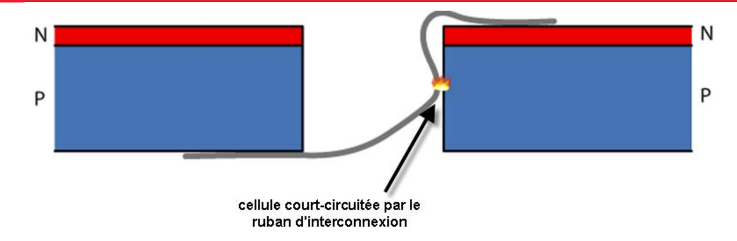


Figure 2: court circuit d'une cellule par le ruban d'interconnexion

Cellules en circuit ouvert

Ce mode de défaut est commun et est généralement soulagé en ayant recours à plusieurs points de contact. Les cellules sont généralement connectées par deux rubans traversant les électrodes (bus bar). Les cellules peuvent également se briser pour diverses raisons :

- Contraintes thermiques et cycles
- Grêle (de taille exceptionnelle)
- Dommage induit en cours de traitement ou au moment de l'assemblage qui résulte en des fissures latentes (invisibles) qui ne sont pas détectables par les systèmes d'inspection et se manifestent plus tard.

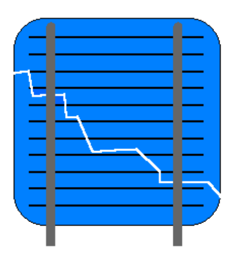


Figure 3 : cellule fissurée maintenue en opération par les rubans d'interconnexion

PROBLEMES LIES AUX MODULES

Dégradation et fautes des modules PV

Les mécanismes de dégradation comprennent soit une réduction graduelle de la puissance de sortie d'un module PV avec le temps, soit une diminution de la puissance en raison d'un défaut dans une cellule.

Modules en circuit ouvert

Le problème des circuits ouverts se présente également au niveau des modules soit dans le boîtier de jonction ou encore dans les câblages internes.
La tension en circuit ouvert des strings peut être également utilisée pour vérifier le nombre de panneaux composant le string. Les fautes d'installation, telles que la différence de nombre de modules connectés par string, peuvent alors être détectées.

Modules en court circuit

Bien que chaque module soit testé individuellement avant expédition, des courts circuits peuvent y apparaitre résultant de défaut dans le processus de fabrication. Ces courts circuits trouvent leurs origines dans la dégradation de l'isolation électrique due à l'exposition aux effets climatiques qui induisent délamination, fissures ou oxydation.

Bris de la face avant (verre) du module

La face avant du module (en verre « blanc » trempé et pauvre en fer) peut se briser en raison de vandalisme, contraintes thermiques, manipulation (en cours de montage ou de déchargement), sous l'action du vent ou de la grêle.

Délamination du module

La délamination des modules était la cause principale de panne dans les modules des premières séries. De nos jours, grâce à l'expérience acquise, ces problèmes se présentent moins souvent. La délamination des modules trouve son origine dans une diminution dans la force de cohésion soit pour des raisons environnementales (humidité) ou vieillissement photo-thermique combiné à des contraintes thermiques ou d'expansion de vapeur.

AUTRES PROBLEMES

Circuit ouvert du aux connecteurs

Les cycles thermiques ainsi que les charges dues au vent peuvent causer les connecteurs de se mettre en circuit ouvert. Les connecteurs de type « twist and lock » résistent beaucoup mieux à ces problèmes que ceux que l'on pousse.



Figure 4 : connecteur de type twist and lock

Problème de point chaud (hot spot)

Des cellules mal assorties (mismatch), ombragées ou fissurées peuvent donner naissance à des points chauds (hot spots) qui surchauffe localement le module entrainant sa perdition.

Problème de diode de by-pass

Les diodes de by-pass, utilisées pour éviter les problèmes de *mismatch*, peuvent faillir par des problèmes de surchauffe ou de sous dimensionnement. Ce problème est restreint lorsque la température de jonction (au sein de la diode) est maintenue en dessous de 130°C.

Défaillance de l'encapsulation

Les absorbeurs d'UV et autres stabilisants utilisés dans les matériaux d'encapsulation (EVA) garantissent une durée de vie accrue des matériaux d'encapsulation des modules. Les quantités de ces adjuvants peuvent diminuer avec le temps par des phénomènes de percolation ou de diffusion. Lorsque la concentration passe en dessous d'un seuil critique, le matériaux d'encapsulation se dégrade de façon accélérée (brunissement de la couche d'EVA) et s'accompagne de la formation et l'accumulation d'acide acétique. Ces phénomènes entraînent la diminution progressive de la puissance de sortie du module jusqu'à sa défaillance totale.

Défauts du réseau électrique

Il existe plusieurs types de défauts. Le premier cas, ce n'est pas un défaut, et se présente quand l'operateur du réseau le déconnecte volontairement afin d'effectuer des travaux de maintenance sur la ligne. Ici, l'onduleur doit arrêter l'injection de tension sur le réseau afin de prévenir des accidents sur les travailleurs du réseau (voir norme Din VDE 0126). C'est pourquoi, l'onduleur doit être équipé d'une protection *anti-islanding*. Cette protection consiste en une mesure constante et automatique par l'onduleur de la présence du réseau.

D'un autre coté, les causes les plus communes des défauts du réseau sont :

1. Tension de réseau variable
2. Déviations de la fréquence nominale de réseau
3. Variations de l'impédance du réseau

Ces problèmes sont intermittents et la durée est courte dans le temps, ce qui les rend difficiles à identifier. Cependant, la plupart de ces problèmes peuvent être rencontrés lors de l'étape de planification d'installation PV et peuvent être résolus par des discussions avec l'opérateur du reseau.

1. Tension du réseau variable : les problèmes associés à la tension du réseau peuvent êtres dus à :
    a. Tension du réseau trop haute
    b. Tension du reseau très basse
    c. Tension du reseau déformé (onde sinusoïdale défectueuse ou déformé)

   Si la tension du réseau et trop haute (ou trop basse) les onduleurs s'éteindront eux-mêmes quand la tension passe sous une certaine limite. Les installations PV connectées au réseau augmentent la tension du réseau car elles doivent opérer à une tension légèrement plus haute afin de pouvoir injecter le courant. Ainsi, pendant des périodes de bonne irradiation une installation pourrait faire monter la tension plus haute que la limite permise et occasionner la déconnection d'une installation avoisinante.

   Les tensions très hautes peuvent aussi être occasionnées par des charges inductives très grandes près de l'installation et la solution ne peut être trouvée que par le gestionnaire du réseau.

   Durant la phase de planification de l'installation, il faudra discuter avec le fabriquant des onduleurs sur la possibilité d'ajuster les paramètres d'opération afin qu'ils puissent fonctionner raisonnablement bien connectés à un réseau loin d'être parfait.
2. Variations de la fréquence

   Les onduleurs sont réglés pour fonctionner dans une gamme de fréquence spécifique mais il peut avoir des distorsions dans la fréquence qui affectent leur bon fonctionnement.
3. Variation de l'impédance du réseau

   Les onduleurs connectés au réseau ne fonctionneront qu'entre un intervalle d'impédance de réseau et sont aussi sensibles aux changements d'impédance. Ainsi si l'impédance change plus que le changement réglé, l'onduleur s'éteint. Les intervalles d'impédances peuvent être règles s'ils sont trop sensibles.

4. SUIVI DE LA PRODUCTION (PHASE OPÉRATIONNELLE)

Le suivi opérationnel d'une installation PV est nécessaire pour se rendre compte de problème de fonctionnement. Un relevé régulier des quantités produites est utile pour comparer la production réelle avec la production attendue.

La production réelle est celle qui est enregistrée par le compteur et donne droit aux certificats verts.

La production attendue est la production qu'un système photovoltaïque aurait du produire selon les niveaux d'irradiation réellement mesurés au même endroit. Dans la pratique, s'il n'y a pas d'ombre, on peut utiliser les données de l'Institut Royal de Météorologie d'Uccle pour la période de référence (généralement une année) en question.

Exemple :
Une installation de 2 kWc orientée plein Sud avec une inclinaison de 35° a produit 1700 kWh en 2004. Il s'agit là d'une production spécifique de 850 kWh/kWc et le propriétaire de l'installation est satisfait. Or, l'irradiation disponible en 2004 était de 10% supérieure à la moyenne long terme et donc une installation moyenne aurait du également produire 10% de plus, soit 1870 kWh au total.

Les propriétaires d'installations photovoltaïques peuvent se prémunir de ce type de désagrément en exigeant une garantie de résultat solaire (GRS) de l'installation. Ce type de garantie est soumise à la vérification par un observateur indépendant de la production réelle comparée à la production espérée – corrigée pour les conditions réelles et tenant compte d'éléments externes. Dans le cas d'une carence de production, le propriétaire de l'installation reçoit une compensation financière correspondant au revenu de la production manquante (autoconsommation + certificats verts) majoré d'un montant forfaitaire. L'avantage de ce type de contrat de garantie est multiple : il offre l'assurance d'un revenu garanti ne dépendant plus que de l'irradiation et il permet dès le début de la relation entre le client et l'installateur d'établir un cadre garantissant une grande qualité dans l'exécution de l'installation. En effet, 80% des problèmes de performance des installations sont dues à des erreurs humaines (mauvais dimensionnement des câbles, mauvaise combinaison module – onduleur, etc.).

L'indice de performance
Appelé encore Performance ratio (PR), cet indice est une valeur indépendante du lieu qui permet de mesurer la qualité d'une installation photovoltaïque. Il indique le rapport entre le rendement réel et le rendement théorique d'une installation. Une bonne installation tournera autour des 80 %.

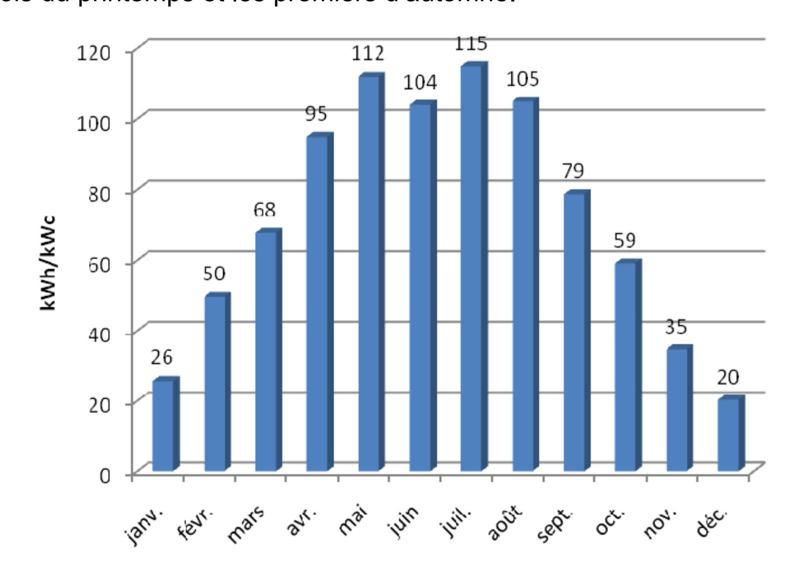
Pour calculer le rendement théorique, il est obligatoire d'obtenir les valeurs d'ensoleillement locaux sur 1 an idéalement.
Les résultats de cet indice sont influencés par différents facteurs : température des panneaux photovoltaïques, rayonnement solaire et dissipation d'énergie, ombrage ou encrassement des panneaux (et de l'appareil de mesure), période d'enregistrement, pertes dans les lignes, coefficient de rendement des panneaux et de l'onduleur…

S'il ne possède pas de GRS ou d'outil de mesure d'ensoleillement, le propriétaire peut se rendre compte du bon fonctionnement de son installation en comparant les données de production avec celles de systèmes similaires dans la région. Une initiative de comparaison de plusieurs systèmes de particuliers a été lancée en France et couvre également la Belgique : le site web www.bdpv.fr recense ainsi près de 6000 installations PV en France, Suisse, et Belgique.

Le propriétaire peut également investir dans un système de monitoring de son installation. Si une cellule de mesure d'irradiation est incluse, il pourra alors estimer la performance de son installation selon les conditions d'irradiation réelles.

Pour des petites installations c'est important que l'installateur mentionne aux particuliers qu'ils doivent enregistrer leur production chaque jour pour le premier mois après l'installation, après une fois par semaine ou par mois est suffisant.

Une bonne idée de répartition annuelle de la production pour la Belgique est: 16 % de production en hiver, 14% en automne, 36 % en printemps et 34 % en été (source *http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis*). Cette règle n'est évidemment pas fixe car elle dépend des conditions météorologiques réelles. La différence la plus importante (écart type) se trouve sur les derniers mois du printemps et les premiers d'automne.



La production mensuelle moyenne d'une installation bruxelloise de 1 kWc orientée plein sud et inclinée à 35 °.

Enfin, il faut se souvenir que le rendement d'un module PV diminue de 1% par an et qu'à niveau d'irradiation égal, une installation plus vieille produira moins. Les fabricants garantissent en général la puissance de leurs modules à 90% de leur valeur nominale après 10 ans et 80% après 20 ans.